

II-205

開水路漸拡流の主流速分布と2次流

九州工業大学大学院 学生員 ○鬼束幸樹 政徳克志
九州工業大学工学部 正 員 浦 勝 秋山壽一郎
九州工業大学大学院 学生員 松岡定和

1. 目的

開水路乱流の三次元構造を明らかにするために、これまでに多くの研究者によって、主流速・乱れ強度・Reynolds応力及び2次流速などが測定されてきた。その結果、2次流が三次元流況に大きな影響を与えていることが明らかにされた。具体的には、長方形断面水路における2次流は、主に水路隅角部付近で生じ、主流速や乱れ諸量の分布形状を変形させ、その大きさは最大で局所主流速の5%程度である。実河川ではさらに2次流が河床形態を変化させ、河床形態が2次流を安定させるといった相互作用が存在し、2次流と河床形態とは密接な関係にある。但し、これらの知見は主に直線状水路における結果である。断面形状が流下方向に変化する流れの内でも、剥離を生じるような急変流の研究は幾分行われているが、剥離が生じない程度の漸変流の研究は少なく、緩やかな断面形状の変化が三次元流況に及ぼす影響はあまり明らかにされていない。そこで、水路幅が流下方向に緩やかにかつ直線的に拡がる漸拡流において、水路幅の拡幅によって三次元流況がどの様に変化するかを知るために実験的研究を行った。本報告では主に2次流に着目して考察する。

2. 実験方法

図-1に水路の平面図を示す。全長2050cm、幅60cmの水路内にアクリル板を用いて、長さ200cm、幅19.6cmの助走部と、それに続く長さ500cmで幅が19.6cmから60.0cmに直線的に拡がる漸拡部を作成した。実験条件は流量 $Q=9300\text{cc/s}$ 、下流端水深 $h=13.5\text{cm}$ 、水路床勾配 $I=1/10000$ とした。漸拡部入口から流下方向にx軸を、鉛直上向きにy軸を、水路幅方向にz軸をとり、それぞれの流速を U, V, W とした。流速測定はx方向に10の横断面を選び、それぞれの断面について右岸側の約500点において、サンプリング間隔0.01sec、サンプリング時間81.92secでX型Hot-film流速計を2回使用することで $U-V$ 及び $U-W$ 流速値を得た。

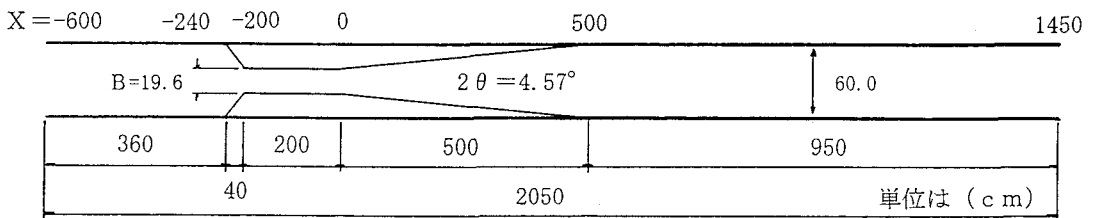


図-1 開水路漸拡流の平面図

3. 実験結果及び考察

本実験では、開水路漸拡流は流下に伴い流速が減速し、水深が増加する流れで、逆圧力勾配流れである。水理諸量を表-1に示す。ここに、 B は水路幅、 h は水深、 U_{mean} は断面平均主流速、 U は局所主流速である。以下の結果は測定された10断面の内、代表的な5断面について示す。

断面内最大主流速 U_{max} で無次元化された主流速分布 U/U_{max} を図-2に示す。この実験では、最大流速点が流入部で水路中央部になく側壁付近に存在する。太く示した80%の等値線に着目すると、水路中央部において流下に伴い断面(c)までは上昇し、その後、下降している。流下し

表-1 水理諸量

fig. No.	X (cm)	B (cm)	h (cm)	B/h	U_{mean} (cm/s)	最大 $\sqrt{V^2+W^2}$ (cm/s)	最大 $\sqrt{V^2+W^2}/U \times 100$
(a)	-97	19.6	12.65	1.55	37.1	2.72	7.58
	10	20.8	13.14	1.58	34.6	1.76	5.48
(b)	90	27.0	12.99	2.08	26.7	1.46	5.92
	175	33.7	12.99	2.60	21.4	1.12	7.24
(c)	260	40.0	13.10	3.05	16.9	0.96	10.13
	340	47.1	13.11	3.59	15.0	1.49	16.15
(d)	430	54.0	13.11	4.12	13.4	0.74	8.58
	480	57.4	13.22	4.34	12.3	0.98	9.15
(e)	700	60.0	13.29	4.51	12.1	0.57	6.65
	900	60.0	13.25	4.53	11.8	0.40	6.46

てアスペクト比（ $=B/h$ ）が大きくなると、最大流速域は水面近くまで及ぶ。

2次流ベクトルを図-3に示す。ただし、2次流速は次の示す3つの補正がなされている。①拡幅角による補正、②X型Hot-filmのセンサ間隔による補正、③連続条件による補正である。流入部の断面(a)において水路中央で上昇し、側壁部で下降する渦が観察される。この渦を開水路等流にない、底面渦と呼ぶこととする。流下に伴い底面渦は幅方向に広がるが、渦の中心の位置はそれほど移動しない。そのため断面(b)付近より下流では、底面渦に引きずられるように側壁付近で逆まわりの渦が生じている。この渦を水面渦と呼ぶこととする。等流では底面渦と水面渦はどちらも機動力となっているかは明確ではない。ところが、漸拡流では底面渦が機動力となり水面渦を生じさせていると判断される。

2次流速を局所主流速で無次元化した2次流強度の断面内最大値を表-1に示している。2次流強度は等流の場合、5%程度といわれているが、漸拡流の場合はそれより大きくなっている。また、図-3の2次流ベクトルの長さより、2次流強度は底面渦の部分で最も強く、水面渦より底面渦の強度が強いことが分かる。

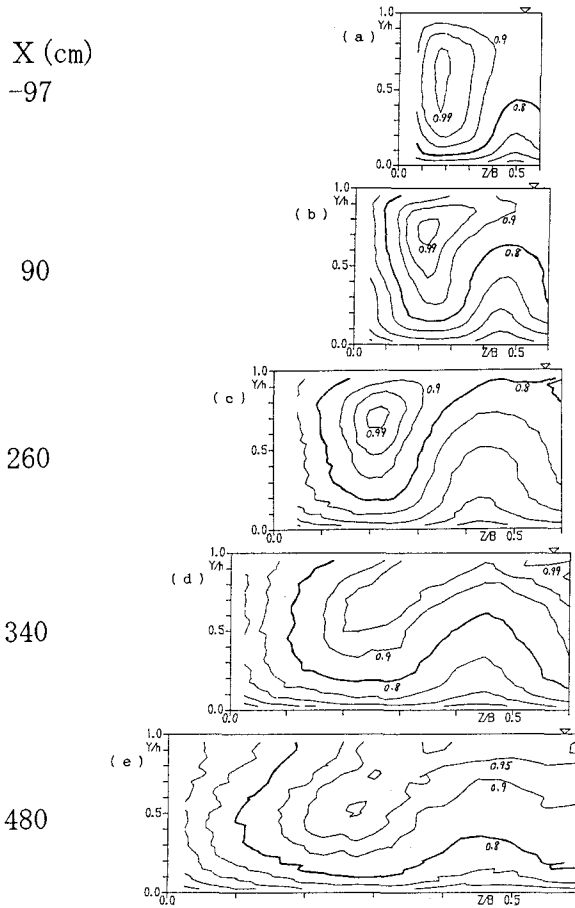


図-2 主流速分布 U/U_{max}

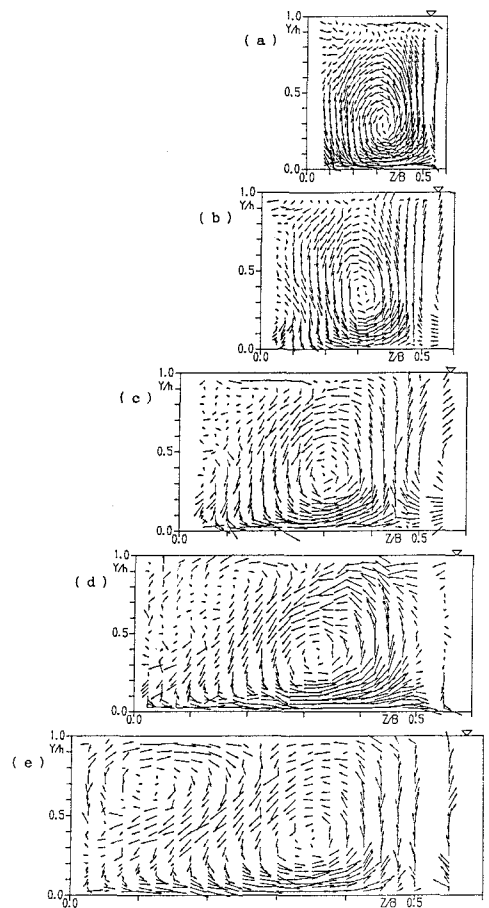


図-3 2次流ベクトル

4. まとめ

開水路漸拡流における2次流は、底面渦が機動力となり水面渦を誘起する。よって、2次流強度は水面渦よりも底面渦の方が大きくなる。ただし、以上の結果はアスペクト比が実河川と比較して小さい場合の結果である。2次流のフローパターンの支配的パラメータとして拡幅角及びアスペクト比が考えられる。今後、これらを変化させたときに同様な結果が得られるかどうか検討する必要がある。